

修士論文

電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証

Personal Authentication Using Usage Log of E-flyer Application Program

指導教員 山口利恵 特任准教授

東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻

48-166460 西山 双輝

平成31年1月31日提出

内容梗概

近年提案された認証手法の一つに，ライフスタイル認証という個人認証手法がある．ライフスタイル認証では日々の生活リズムを認証要素に用いている．一方，スマートフォンの普及に伴い，スマートフォンのアプリケーションを日常で用いる機会が増加している．そのためアプリケーションの利用履歴は，生活リズムを特徴付ける情報になり得ると考えられる．そこで本研究では，日常生活で用いるアプリの一つとして電子チラシアプリに着目した．利用履歴から得られる特徴量を提案し，認証要素としての有効性について検討，考察を行った．さらに，考察を踏まえた上で電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証を提案して実装し，実際の電子チラシアプリの利用履歴を用いて認証精度を計算し，実用可能であるかの検討も行った．

目次

内容梗概	1
1 序論	4
1.1 背景	4
1.2 研究内容	4
1.3 本稿の構成	5
2 関連研究	6
2.1 Unimodal biometric authentication	6
2.1.1 Unimodal biometric authentication の構成	6
2.1.2 Unimodal biometric authentication の問題点	6
2.1.3 生体認証の認証精度	7
2.2 行動認証	8
2.3 ライフスタイル認証 [1]	8
2.4 複数要素を統合した認証手法	8
3 準備	11
3.1 シュフーチラシアプリ	11
3.2 データセット	12
3.3 チラシアプリの利用方法の傾向	14
4 電子チラシアプリの利用履歴について	16
4.1 電子チラシアプリの利用履歴における特徴量	16
4.2 認証要素としての検討実験	19
4.2.1 検証手順	19
4.2.2 実験結果	21
4.2.3 考察	23
5 電子チラシアプリ利用履歴認証	24
5.1 提案手法の概要	24
5.2 類似度の統合	25
5.3 認証結果の出力	26
6 認証実験	27
6.1 実装	27
6.2 評価項目	27

6.3	結果	27
6.4	考察	28
7	結論	29
7.1	まとめ	29
7.2	今後の課題	29
7.2.1	閲覧回数の類似度算出	29
	謝辞	31
	参考文献	32
	発表文献	34

Chapter 1 序論

1.1 背景

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及が急速に進んでいる。総務省の平成29年度版情報通信白書によると、個人のスマートフォンの保有率は2016年では全体で56.8%となっていて、2011年の14.6%と比べるとこの5年間で4倍ほど上昇している[2]。それに伴い、スマートフォンやタブレット端末によるオンラインサービスの利用も増えている。そのため、近年ではこのようなモバイル端末から個人情報を盗み取り、不正アクセスに利用する事件が増えている。このような不正アクセスを防ぐための研究の一つとして個人認証手法の研究がある。

現在、多くのモバイル端末では、パスワード認証や生体認証が採用されている。しかし、これらの認証手法には安全性に対する問題点[3-5]が指摘されていて加えて、攻撃方法[6,7]が存在しているため、十分な安全性を保てない問題点がある。この問題点を解決する方法の1つとして、複数の認証要素を組み合わせる多要素認証と呼ばれる個人認証手法がある。

多要素認証では、各認証要素を単一で用いるよりも安全性を高めることができる一方で、認証要素ごとに認証要求があることからユーザーの負担が大きくなる問題点がある。そこで、近年注目されているのがライフスタイル認証[1]である。

ライフスタイル認証とは、人間の日々の生活リズムを認証要素として用いた認証手法のことである。ライフスタイル認証では、ユーザーに明示的な認証要求をすることがないことから、利用するユーザーの負担を軽減することができる。これにより、ユーザビリティを低下させることなく既存の認証要素と組み合わせたり、ライフスタイル認証の認証要素となり得るものを複数組み合わせたりすることで多要素認証が実現でき、従来の認証手法よりも安全性を高めることができる。

近年では、モバイル端末の普及とともにモバイル端末内にあるアプリケーションを利用する場面も増えつつある。そのため、アプリケーションの利用履歴もまた個人の生活リズムを特徴づける情報になり得るのではないかと考えられる。

本研究では、電子チラシアプリの利用履歴に着目した。チラシは、見る人にとっては毎日目を通すものである。また、買い物に行くという行為も生活に密接に関わる行為である。そのため、個人の生活リズムを特徴付ける情報が得られやすいのではないかと考えられる。

1.2 研究内容

本論文では、電子チラシアプリの利用履歴を用いた個人認証手法を提案をする。それにあたり、電子チラシアプリの利用履歴から得られる特徴量の検討、その特徴量が認

証要素として適切であるか検証した。さらに、実際に提案した個人認証手法を実装し、認証精度についても検証した。

1.3 本稿の構成

以下第2章では本章で述べた個人認証手法について、主に生体認証について取り上げて説明する。くわえて、電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証に関係した行動認証やライフスタイル認証などの関連研究を紹介する。そして第3章では認証要素の検討や認証実験における準備を行う。第4章で本稿における電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証へのアプローチについて説明する。具体的にどのような認証要素を用いるかを説明し、認証要素の有効性や妥当性について検証する。第5章では本稿で提案する電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証を説明する。第6章では電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証がどの程度の精度で認証できるのか検証する。第7章で本稿を結論付ける。

Chapter 2 関連研究

本章では第1章で述べた個人認証手法について、主に生体認証について取り上げて説明する。次に、アプリ利用履歴は人間の行動情報の一つであるので、行動情報を用いた認証手法について紹介する。加えて、ライフスタイル認証の先行研究について紹介する。また、本研究で提案する個人認証手法では複数の特徴量から得られる情報を統合して認証を行なっている。そこで、このような認証要素を統合している個人認証手法についても紹介する。

2.1 Unimodal biometric authentication

本章では1つの生体要素を用いた認証手法である Unimodal biometric authentication について説明する [8]。まず、Unimodal biometric authentication の構成を説明をする。次に、Unimodal biometric authentication の問題点について説明する。

2.1.1 Unimodal biometric authentication の構成

Unimodal biometric authentication には登録と認証という2つの段階がある。

登録 登録の段階では、まずセンサー等を用いてユーザーから生体情報を取得する。次に取得した生体情報から特徴抽出をして認証に用いるデータを作成する。このデータをテンプレートと呼ぶ。そしてテンプレートに対応するユーザーのIDをラベルをつけて、データベースに保管する。

認証 認証の段階では、まずセンサー等を用いて再びユーザーから生体情報を取得する。次に、この生体情報を用いて検証または特定が行われる。

検証の場合は、ユーザーが主張したIDに対応するテンプレートをデータベースから取り出す。そしてその取り出したテンプレートのみと比較を行い、取得された生体情報が主張されたIDのものであるかどうかを出力する。

特定の場合は、データベース内にある全てのテンプレートと比較を行う。そして、取得された生体情報が登録されているどのユーザーのものであるかを出力する。もしくは、登録されているどのユーザーのものでもないと出力する。

2.1.2 Unimodal biometric authentication の問題点

生体要素はパスワードやPINとは異なり忘れたり他人に知られる危険性はなく、紛失や盗難なども通常では起こりえない。これらの点は認証に用いるにあたり適している。

しかし、生体要素には以下にある問題点もある [5].

- センシングした情報内のノイズ
指の傷や指紋のスキャナーの汚れにより、本来得られるべき生体情報にノイズが加わってしまう恐れがある.
- 生体情報の変化
生体情報を取得するセンサーが変わったり体の成長などにより、登録した時と認証する時とで生体情報が変化してしまう恐れがある.
- 弁別性
生体情報には、区別がつけられるパターンに上限がある. 例えば, Golfarelli ら [9] は掌形の区別できるパターン数は 10^3 のオーダーであると示している.
- 非普遍性
スキャナーや体質などにより、認証のために必要な特徴が満足に得られない場合がある. 例えば指紋認証の場合、人によっては指紋隆線を満足に得られない場合があり指紋の登録ができないことがある. [10]
- スプーフィング攻撃
近年ではデジタルカメラの発達により、写真から指紋や虹彩を復元することが可能である [6,7]. 復元した生体要素を悪用して、なりすましをされる恐れがある.

以上の問題点から、1つの生体要素だけで認証するには限界があると考えられている.

2.1.3 生体認証の認証精度

Unimodal biometric authentication に限らず、一般に生体認証ではパスワード認証とは異なり、他人を誤って本人と認証する場合と本人を誤って他人と認証する場合がある. そのため生体認証の認証精度の評価は、それぞれが起こった回数を測定回数で割った割合を計算し、その値を元に行われる. 他人を誤って本人と認証する割合が FAR (False Accept Rate: 他人受入率), 本人を誤って他人と認証する割合が FRR (False Reject Rate: 本人拒否率) である. FAR と FRR は以下の式で定義される. なお, FA は他人を誤って本人と認証した回数, N_o は異なるユーザー間のテンプレートと認証用データを比較した回数, FR は本人を誤って他人と認証した回数, N_s は同一ユーザー間のテンプレートと認証用データを比較した回数を表す.

$$\text{FAR} = \frac{FA}{N_o}, \text{FRR} = \frac{FR}{N_s}$$

2.2 行動認証

行動認証とはユーザの行動特性を用いた認証手法のことである．代表例としては物理的な行動に基づく歩容認証，ハードウェアを利用する際の特徴に基づくキーストローク認証，そしてソフトウェアの利用履歴にそして Web 閲覧履歴認証などが挙げられる．近年ではスマートフォンや活動量計などのモバイルデバイスが広く普及したため，それらの端末から得られた活動量 [11] や Wi-Fi アクセスポイント情報 [12] を用いた認証も提案されている．行動認証はユーザの行動特性を利用するため，パスワードを記憶したりデバイスを保持したりする必要がない．そのためユーザに対する負荷が小さく，多要素認証の要素技術として近年研究が盛んに行われている．

2.3 ライフスタイル認証 [1]

本節では，ライフスタイル認証について説明し，さらに先行研究で用いられているライフスタイル認証の認証要素を取り上げる．

ライフスタイル認証は近年提案された個人認証方式であり，人間の日々の生活リズムを認証要素として用いた認証手法のことである．生活リズムとは，日々の生活の中で無意識に繰り返す行動パターンのことを指す．日常の生活を送っている間に，モバイル端末や IoT 機器に備わっているセンサを用いて認証に必要な情報を取得している．それにより，ユーザーに対して明示的な認証要求を必要としない．したがって，既存の認証手法と組み合わせたりしてもユーザーの利便性を下げることなく安全性を向上させることができる．この点がライフスタイル認証の利点の一つである．

先行研究ではユーザーの位置情報 [13, 14]，モバイル端末から取得できる Wi-fi 情報 [12, 15]，ウェアラブルデバイスから得られた運動履歴情報 [11]，マンガ閲覧アプリの利用履歴 [16]，検索履歴 [17] といった情報がライフスタイル認証の認証要素として提案されている．

2.4 複数要素を統合した認証手法

Buriro ら [18] はスマートフォンのロックを解除してから電話に出るまでの間の動きで得られる行動的特徴を利用した認証手法を提案した．この手法では，マッチングスコアを統合するために必要な各要素の重みを，それぞれの要素の認証に対する精度の指標を定義して，それをこの指標が高い生体要素のマッチングスコアにかける重みが大きくなるように定めている．各分類器 c から得られるマッチングスコアにかける重みは以下の式で表される．

$$weight(c) = \frac{index(c)}{\sum_{i=1}^n index(i)}$$

$$index(c) = 1 - \frac{er(c)}{\sum_{i=1}^n er(i)}$$

ただし, n は認証に用いる要素の数で, $er(c)$ は分類器 c と対応する生体要素のみで認証を行った場合の誤り率を表す. この式を用いて重みを計算して, 統合したマッチングスコアを算出する. 最後に, 得られた統合したマッチングスコアとあらかじめ定めた閾値を比べて, 認証結果を出力する.

Slobodan ら [19] は piecewise linear normalization という新たな正規化の手法を提案した. この手法は正しいユーザーのマッチングスコアとそうでない場合のマッチングスコアの分布を利用して区分線形関数のパラメータを設定し, この区分線形関数を用いてマッチングスコアを正規化している. これにより, 今までの正規化の手法よりも等価エラー率と最低総エラー率を下げる事ができた. 図 2.1 に Slobodan らの実験結果を示す.

Normalization technique	piecewise-linear	min-max	z-score	median-MAD	sigmoid	tanh
EER	2.79%	3.12%	3.15%	2.79%	3.81%	3.05%
min TER	5.15%	6.39%	5.56%	5.42%	5.72%	5.74%

図 2.1: EER and min TER under respective normalization techniques [19]

結論段階

Fridman ら [20] は携帯端末で入力した文章, アプリケーションの使用履歴, ウェブの閲覧履歴, 位置情報の 4 つの情報を用いた認証手法を提案した. まず, 図 2.2 に Fridman らが提案した手法の構成を示す.

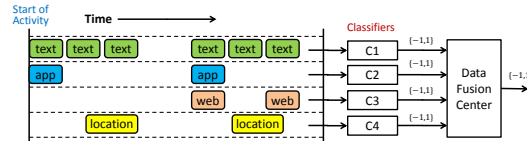


図 2.2: The architecture of fusion across classifiers

図 2.2 の中の Data fusion center にて, 結論段階の要素の統合が行われている. Data fusion center では, まず i 番目の要素について, 単体で認証に用いた場合の本人拒否率 P_i^M と他人受入率 P_i^F を計算する. そしてこの値に基づき, i 番目のの認証結果にかかる重み a_i を以下の式で計算する.

$$a_i = \begin{cases} \log \frac{1-P_i^M}{P_i^F} & (u_i = 1) \\ \log \frac{1-P_i^F}{P_i^M} & (u_i = -1) \end{cases}$$

ただし, u_i は i 番目の要素の認証結果を表す. 最後に, 求めた重みと個々の要素の認証結果とをかけて和を求めてその値が正ならば, ユーザーを受理する. 図 2.3 に Data fusion center の構成を示す.

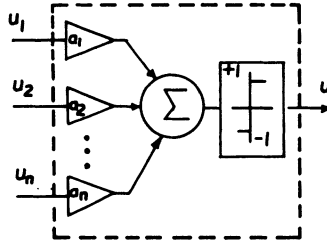


図 2.3: The structure of decision fusion(u_i is the decision of i^{th} classifier, a_i is the weight of i^{th} classifier), and u is final decision. [21]

Chapter 3 準備

本章では，本研究で用いた電子チラシアプリと実験で用いたデータセットの紹介をし，認証要素の検討や認証実験における準備を行う．

3.1 シュフーチラシアプリ



図 3.1: Usage screen of the application (Android app)

本節では，実験で用いたスマートフォンアプリの利用履歴データの取得元であるシュフーチラシアプリについて説明する．シュフーチラシアプリは，凸版印刷株式会社からリリースされているアプリである．このアプリを用いることで，凸版印刷株式会社が提供している WEB サービスである Shufoo!(シュフー) [22] にて配信されている電子チラシを閲覧することができる．Shufoo!は2018年12月時点でユニークユーザー数



図 3.2: Top page of Shufoo! website

1100 万人月，掲載店舗数 11 万 6000 店，ページビュー数 4 億 PV 月の電子チラシサービスである．シュフーチラシアプリには以下のような特徴がある．

- 大手スーパーをはじめ，ドラッグストアや家電量販店など様々な種類の店舗に関するチラシが掲載されている．なお，チラシは前日の夜に翌日分が更新される．
- ユーザーは，アプリのインストール時に「マイエリア」を登録する．アプリを立ち上げた時に，登録した「マイエリア」内にて配信されているチラシの一覧を見ることができる．
- 「マイエリア」以外にも現在地近くにある店舗のチラシを見たり，チラシを見たい店舗を探すことができる．
- WEB サービス「Shufoo!」に会員登録をしている場合，チラシを見たり等することで「シュフーポイント」を貯めることができる．シュフーポイントは，賞品が当たる抽選に応募するために利用する．

3.2 データセット

本節では，本論文の実験で用いたデータセットについて説明する．本論文の実験では，シュフーチラシアプリ利用者のシュフーチラシアプリの利用履歴情報をデータセットとして用いた．この利用履歴データの収集は，ライフスタイル認証実証実験 [23] の一環として行われた．データの収集にあたり，シュフーチラシアプリ内に実証実験参加者の募集案内 (図 3.3 を参照) を出し，データの提供に同意いただいたユーザーを対象とした．募集期間は 2017 年 1 月 26 日から 2017 年 3 月 31 日までとした．なお，実験にあたり東京大学の倫理審査の承認を得て実施している．



図 3.3: Announcement of the demonstration experiment

利用履歴データの収集はアプリの利用の度に行われた．取得した項目は以下の 7 つである．

- ユーザー ID

- 性別
- 年齢
- デバイス
- チラシを閲覧した時刻
- 閲覧したチラシの店舗 ID
- 閲覧したチラシのチラシコンテンツ ID

ユーザー ID の項目は SUID からハッシュ値をとり生成された仮 ID を示す。デバイスの項目はチラシを閲覧したデバイスの OS の種類 (iPhone や Android 等) を示す。

閲覧履歴データの提供に同意した実験参加者の人数は 33,338 名である。このうち、同意後にシュフーチラシアプリを利用してチラシを閲覧をした人数は 31,448 名である。年代、性別をもとに実験参加者を整理すると表 3.1 のようになる。年齢、性別の情報は任意の入力のため、未登録の実験参加者もいる。

表 3.1 からわかるように電子チラシアプリというアプリの性質上、実験参加者の性別、年代には偏りがある。

表 3.1: Subject breakdown

	男性	女性
10 代以下	60	122
20 代	661	4621
30 代	1587	9054
40 代	2410	6162
50 代	1781	3132
60 代以上	678	542
合計	7,177	23,633

3.3 チラシアプリの利用方法の傾向

本節では取得したデータセットをもとに，実験参加者全体におけるチラシアプリの利用方法の傾向を調べ，その結果について述べる．まず，アプリの利用頻度を調査した結果について述べる．チラシアプリの利用方法としては，一般的には，買い物をする準備としてどの店舗でどの商品を買うかを決めるために利用すると考えられる．そのため，1日に何回もチラシアプリを起動することは考えにくい．したがって，アプリの利用頻度を調査するにあたり，各実験参加者が実験期間中にチラシを1回でも閲覧した日数を指標とした．各閲覧日数に実験参加者がどのように分布しているかをまとめると，図3.4のようになる．実験参加者の実験期間内における平均閲覧日数は33日であり，約2日に1回はチラシを閲覧していることがわかる．

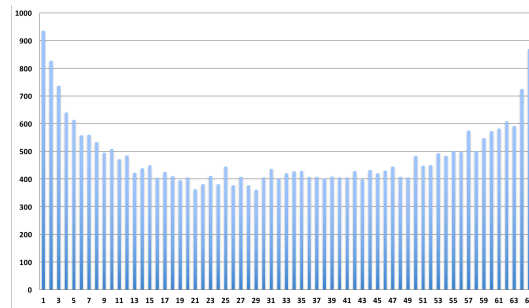


図 3.4: Distribution of browsing days (Vertical axis: the number of people, Horizontal axis: the number of days browsed)

次に，チラシを閲覧した店舗数を調査した結果について述べる．全ての実験参加者の実験期間中にチラシを閲覧した店舗数を調査し，ヒストグラムにまとめると図3.5のようになる．実験期間中の1人あたりのチラシを閲覧した店舗数の最大値は736，最小値は0，平均値は37，中央値は148である．ヒストグラムの頂点の中心の店舗数は7であり，実験参加者のほとんどは実験期間中に繰り返し同じ店舗を見ていることが考えられる．

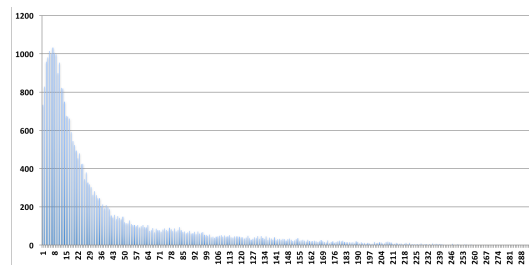


図 3.5: Histogram of the number of browsing stores (Vertical axis: the number of people, Horizontal axis: the number of stores browsed)

さらに，チラシを閲覧した回数を調査した結果について述べる．全ての実験参加者の実験期間中に1時間あたりにチラシを閲覧した平均回数をグラフにまとめると図

3.6 のようになる． 6時から8時の時間帯に大きなピークがあり，0時と20時から21時に小さなピークがある． そのため，認証要素の検討にあたっては，チラシを閲覧するが重なっていることを考慮する必要がある．

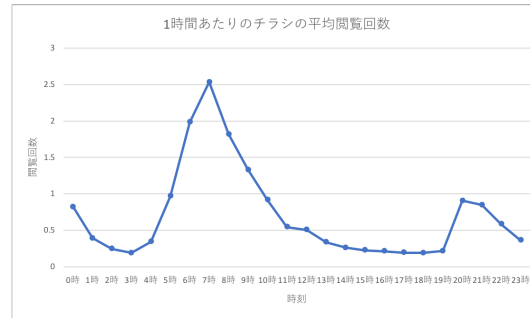


図 3.6: Average views of flyers par day (Vertical axis:the number of average views, Horizontal axis:time)

Chapter 4 電子チャシアプリの利用履歴について

本章では電子チャシアプリの利用履歴データから得られる特徴量について説明する。さらに、それらの特徴量が認証要素として用いることが可能か検証する。

4.1 電子チラシアプリの利用履歴における特徴量

本節では、3.2 節で説明したデータセットから抽出した特徴量について説明する。アプリ利用履歴として取得した項目のうち、チラシを閲覧した時刻と閲覧したチラシの店舗 ID の 2 項目に着目した。ユーザーごとに生活を送る環境が異なるため、買い物等で利用する店舗もまたユーザーごとに異なると考えられる。そのため、閲覧したチラシの店舗に関する情報である閲覧したチラシの店舗 ID がユーザーを特徴付ける情報の 1 つになり得ると考えられる。また、チラシを閲覧した時刻はユーザーごとのアプリ利用傾向を捉える情報としてユーザーを特徴付ける情報の 1 つになり得ると考えられる。以上より、チラシを閲覧した時刻と閲覧したチラシの店舗 ID の 2 項目がライフスタイル認証の認証要素として適する特徴量を得られる情報であると考えられる。

これら2つの情報から計算可能な特徴量として、以下の3種類の特徴量について説明する。

閱覽傾向

閲覧傾向とは、1日を24時間に分けたときどの時間帯にチラシを閲覧するかという情報である。閲覧傾向はチラシを閲覧した時刻の情報を用いて計算可能である。

[illegible]

図 4.1: ユーザー A の 1 時間ごとにおける
 ラシの閲覧回数.

図 4.2: ユーザー B の 1 時間ごとにおけるチャシの閲覧回数.

1 列目は日付を表す. i 列目は $(i-2)$ 時からの 1 時間で何回チラシを閲覧したかを表す.
 $(i = 2, 3, \dots, 25)$

具体的な例として、図 4.1、図 4.2 を挙げる。図 4.1、図 4.2 はそれぞれ、あるユーザー A と B が実験期間における最初の 1 週間で、1 時間ごとに何回チラシを閲覧

したかを表でまとめたものである。閲覧回数が0回の場合はマス目に何も色を塗らず、1から10回の場合はマス目を緑色に、11回から20回の場合はマス目を黄色に、21回以上の場合はマス目を赤色に塗ってある。この2つの図からわかるように、ユーザーAは0時台を中心にチラシを閲覧する傾向があり、ユーザーBは6時台または7時台を中心にチラシを閲覧する傾向がある。このように、異なるユーザー間ではどの時間帯によくチラシを閲覧するかに違いがあると考えられる。また、同一ユーザー間では、同じ時間帯を中心にチラシを閲覧すると考えられる。

閲覧回数

閲覧回数とは1日を24時間に分けたとき，どの時間帯にチラシを何回閲覧したかという情報である．閲覧回数はチラシを閲覧した時刻の情報を用いて計算可能である．具体的な例として，図4.4，図4.5を挙げる．

[illegible]

図 4.4: ユーザー C の 1 時間ごとにおけるチ
 ラシの閲覧回数.

1 列目は日付を表す. i 列目は $(i-2)$ 時からの 1 時間で何回チラシを閲覧したかを表す.
($i = 2, 3, \dots, 25$)

ユーザー C は 5 時台と 20 時台または 21 時台を中心にチラシを閲覧する傾向があり、ユーザー D は 4 時台または 5 時台と 20 時台を中心にチラシを閲覧する傾向がある。ユーザー C と D は似たような閲覧傾向であるが、2 つの図を比べるとユーザー C の方がユーザー D よりも黄色または赤色のマスの割合が多く、ユーザー C の方がチラシの閲覧回数が多いことが分かる。また、同一ユーザー間では、1 日あたりのチラシの閲覧回数は大きく差がないことが分かる。

閱覽店舖

閲覧店舗とは、1日のうち1回以上チラシを閲覧した店舗はどの店舗であるかという情報である。閲覧店舗はチラシの店舗IDの情報を用いて計算可能である。

閲覧店舗がユーザー間でばらつきが見られることを検証するために実験を行った。この実験では、シュフーチラシアプリを利用してチラシを閲覧した 31,448 名を対象とした。実験に用いた情報は 3.2 節で紹介した 7 項目のうち、ユーザー ID、閲覧したチラシの店舗 ID の 2 項目である。まず、取得したアプリ利用履歴から表 4.1 に示すようなデータセットを生成した。 F_k はユーザー ID が k である実験参加者が実験期間中にチラシを閲覧した店舗の店舗 ID すべてを要素と持つような集合を表す。そして、各ユーザーの閲覧店舗の集合を比較し、同じ閲覧店舗を持つユーザーがいる人数を調査した。

表 4.1: 実験 1 で生成したデータセット ($n = 31148$)

ユーザー ID	閲覧店舗
1	F_1
2	F_2
\vdots	\vdots
31448	F_n

その結果をまとめると表 4.2 のようになる．表の k と書かれている行は同じ閲覧店舗を持ったユーザーの人数を表し，データ数と書かれている行は k の値に対応する閲覧店舗の数を表す．

表 4.2: チラシを閲覧した店舗データの内訳

k	データ数	割合 (%)
1	31262	99.41
2	98	0.31
3	15	0.048
4	4	0.013
7	7	0.022
8	8	0.025
11	11	0.035
12	12	0.038
15	15	0.048
16	16	0.051
合計	31448	100

表 4.2 について， $k = 1$ すなわちどのユーザーとも閲覧店舗が重なっていないユーザーが全体の 99% 以上であることを示している．すなわち，閲覧店舗に関してはユーザー間でばらつきが見られる．

また，チラシを閲覧する店舗は日常的に買い物に利用する場所であると考えられるため，同一ユーザー間では，1 日ごとで同じ店舗を見ることも考えられる．

以上 3 つの特徴量が，電子チラシアプリの利用履歴から得られる特徴量である．いずれの特徴量も，異なるユーザー間では区別がつけることができ，同一ユーザー間では似通っていると考えられる．そこで次節にて，実際にこれら 3 つの特徴量を特徴量ごとに，異なるユーザー同士，同一ユーザー同士でそれぞれ比べた場合，異なるユーザー間では類似度が低く，同一ユーザー間では類似度が高くなるかを検証する．

4.2 認証要素としての検討実験

本節では、節で説明した電子チラシアプリの利用履歴から得られる特徴量が認証要素として用いることが可能であるか検証する。検証にあたり実験を行なった。本実験では、シュフーチラシアプリを利用してチラシを閲覧した 31,448 名のうち、実験期間中に毎日チラシを閲覧した人 870 人を対象とした。取得したアプリ利用履歴データのうち、最初の 2 日分を除いた 63 日分のデータを用いて実験を行なった。実験に用いた情報は 3.2 節で紹介した 7 項目のうち、ユーザー ID、チラシを閲覧した時刻、閲覧したチラシの店舗 ID の 3 項目である。

4.2.1 検証手順

本節では、実験手順について説明をする。まず、実験の大まかな流れは以下の通りである。なお、 U_{id} は本実験の対象者のユーザー ID の集合とする。

1. 前処理

取得したアプリ利用履歴データから、以下で説明するテンプレート作成と類似度算出ができるようにデータの変形を行う。

チラシを閲覧した時刻について、特徴抽出により生成されたテンプレート作成用のデータと類似度算出用のデータを、それぞれ \mathcal{D}_{time}^{tpl} , \mathcal{D}_{time}^{sim} とする。

また、閲覧したチラシの店舗 ID について、特徴抽出により生成されたテンプレート作成用のデータと類似度算出用のデータを、それぞれ \mathcal{D}_{shop}^{tpl} , \mathcal{D}_{shop}^{sim} とする。

2. テンプレート作成

前処理で変換したデータ \mathcal{D}_{time}^{tpl} , \mathcal{D}_{shop}^{tpl} を用いてそれぞれの特徴量に対応したテンプレートをユーザーごとに作成する。

チラシを閲覧した時刻について、テンプレートを $\mathcal{T}_{time} = \{T_{time}^i \mid i \in U_{id}\}$ とする。

また、閲覧したチラシの店舗 ID について、テンプレートを $\mathcal{T}_{shop} = \{T_{shop}^i \mid i \in U_{id}\}$ とする。

3. 類似度算出

各ユーザーのテンプレートを類似度算出用のデータすべてと比較を行い、類似度を算出する。

チラシを閲覧した時刻については、閲覧傾向の類似度と閲覧回数の類似度の 2 種類がある。ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート $T_{time}^i \in \mathcal{T}_{time}$ とユーザー ID が j であるユーザーの類似度算出用のデータ $D_{time}^j \in \mathcal{D}_{time}^s$ を比較して算出される閲覧傾向の類似度と閲覧回数類似度をそれぞれ、 $S_{tend}(T_{time}^i, D_{time}^j)$, $S_{num}(T_{time}^i, D_{time}^j)$ ($i, j \in U_{id}$) をとする。

また、閲覧したチラシの店舗 ID について、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート $T_{shop}^i \in \mathcal{T}_{shop}$ とユーザー ID が j であるユーザーの類似度算出用の

データ $D_{shop}^j \in \mathcal{D}_{shop}^s$ を比較しし算出される閲覧店舗の類似度を $S(T_{shop}^i, D_{shop}^j)$ とする.

次に、各手順の詳細について、チラシを閲覧した時刻、閲覧したチラシの店舗 ID それぞれ分けて説明する.

チラシを閲覧した時刻

1. 前処理

取得したアプリ利用履歴データから、ベクトル v_{i,day_j} を生成する. v_{i,day_j} はユーザー ID が i であるユーザーが日付 day_j のときに 1 時間ごとにチラシを何回閲覧したかを表すベクトルである. v_{i,day_j} の第 k 成分は $(k - 1)$ 時 0 分から $(k - 1)$ 時 59 分の間にチラシを閲覧した回数を表す. そして、 $\{v_{i,day_j} | i = 1, 2, \dots, 870, j = 1, 2, \dots, 7\}$ を \mathcal{D}_{time}^t , $\{v_{i,day_j} | i = 1, 2, \dots, 870, j = 8, 9, \dots, 63\}$ を \mathcal{D}_{time}^s とする.

2. テンプレート作成

実験期間における最初の 1 週間について、1 時間ごとの閲覧回数について平均をとった結果をテンプレートとする. すなわち、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート T_{time}^i を以下の式で定義する.

$$T_{time}^i = \frac{1}{7} \sum_{k=1}^7 v_{i,day_k} \quad (v_{i,day_k} \in \mathcal{D}_{time}^t)$$

そして、 $\{T_{time}^i | i = 1, 2, \dots, 870\}$ を \mathcal{T}_{time} とする.

3. 類似度算出

まず、閲覧傾向の類似度算出について説明する. テンプレートと類似度算出用のデータ間の閲覧傾向の類似度算出は、コサイン類似度を計算することで行う. すなわち、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート T_{time}^i と類似度算出用のデータ内にある v_{j,day_k} 間の類似度 $S_{tend}(T_{time}^i, v_{j,day_k})$ を以下の式で定義する.

$$S_{tend}(T_{time}^i, v_{j,day_k}) = \frac{\sum_{n=1}^{24} T_n v_n}{\sqrt{\sum_{n=1}^{24} T_n} \sqrt{\sum_{n=1}^{24} v_n}}$$

次に、閲覧回数の類似度算出について説明する. テンプレートと類似度算出用のデータ間の閲覧回数の類似度算出は、ユークリッド距離を計算することで行う. すなわち、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート T_{time}^i と類似度算出用のデータ内にある v_{j,day_k} 間の類似度 $S_{num}(T_{time}^i, v_{j,day_k})$ を以下の式で定義する.

$$S_{num}(T_{time}^i, v_{j,day_k}) = \frac{1}{1 + \sqrt{\sum_{n=1}^{24} (T_n - v_n)^2}}$$

ユークリッド距離を計算したあとに 1 を加えて逆数を取ったのは、他の特徴量の類似度と同様に 0 から 1 の値にするためである。

閲覧したチラシの店舗 ID

1. 特徴抽出

取得したアプリ利用履歴データから、集合 S_{i,day_j} を生成する。 S_{i,day_j} はユーザー ID が i であるユーザーが日付 day_j のときに閲覧したチラシの店舗 ID を要素とする集合である。そして、 $\{S_{i,day_j} | i = 1, 2, \dots, 870, j = 1, 2, \dots, 7\}$ を \mathcal{D}_{shop}^t , $\{S_{i,day_j} | i = 1, 2, \dots, 870, j = 8, 9, \dots, 63\}$ を \mathcal{D}_{shop}^s とする。

2. テンプレート作成

実験期間における最初の 1 週間について、1 回以上チラシを見た店舗の店舗 ID を要素とする集合をテンプレートとする。すなわち、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート T_{shop}^i を以下の式で定義する。

$$T_{shop}^i = \bigcup_{k=1}^7 S_{i,day_k} (S_{i,day_k} \in \mathcal{D}_{time}^t)$$

そして、 $\{T_{shop}^i | i = 1, 2, \dots, 870\}$ を \mathcal{T}_{shop} とする。

3. 類似度算出

テンプレートと類似度算出用のデータ間の類似度算出は、dice 係数を計算することで行う。すなわち、ユーザー ID が i であるユーザーのテンプレート T_{shop}^i と類似度算出用のデータ内にある S_{j,day_k} 間の類似度 $S(T_{shop}^i, S_{j,day_k})$ を以下の式で定義する。

$$S(T_{shop}^i, S_{j,day_k}) = \frac{2|T_{shop}^i \cap S_{j,day_k}|}{|T_{shop}^i| + |S_{j,day_k}|}$$

4.2.2 実験結果

テンプレートと類似度算出用のデータを同一ユーザー間で比較した場合と異なるユーザー間で比較した場合の類似度について、ユーザー間で平均をとると表 4.2.3 のようになる。

特徴量	閲覧傾向	閲覧回数	閲覧店舗
類似度 (同一ユーザー)	0.449646451	0.027311726	0.358918796
類似度 (異なるユーザー)	0.149911623	0.021940353	0.050475943

表 4.3: 実験結果

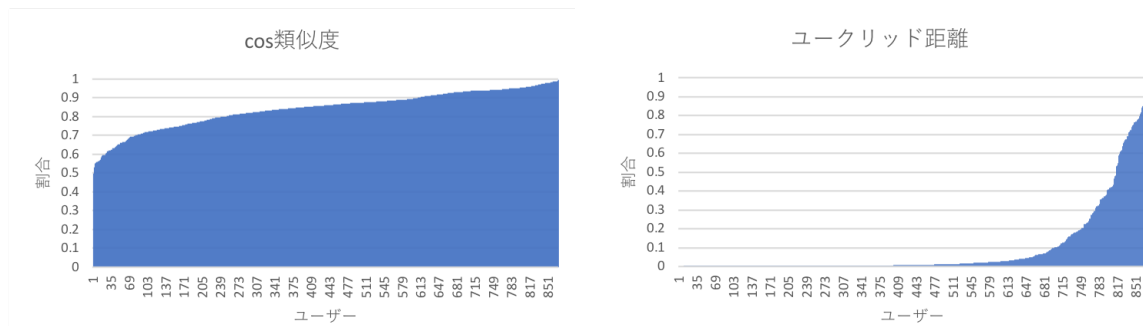


図 4.7: 同一ユーザー間の平均値よりも下回っているデータの割合 (閲覧傾向) 図 4.8: 同一ユーザー間の平均値よりも下回っているデータの割合 (閲覧回数)

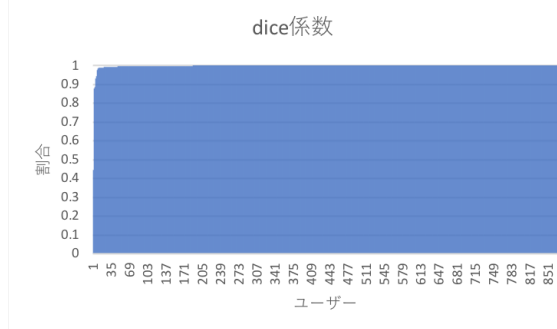


図 4.9: 同一ユーザー間の平均値よりも下回っているデータの割合 (閲覧店舗)

4.2.3 考察

表より、すべての特徴量において、異なるユーザー間で比較した場合と比べて同一ユーザー間で比較した場合の方が類似度が高いことが分かる。

また、同一ユーザー間で比較した場合の類似度の平均値を基準とし、異なるユーザー間で比較した場合の類似度についてその基準を下回っている割合をユーザーごとに図示すると図 4.7 から 4.9 のようになる。閲覧店舗については、ほぼすべてのユーザーにおいて、異なるユーザー間で比較した場合の類似度が同一ユーザー間で比較した場合の類似度の平均値を下回る割合が9割を超えている。しかしあるユーザーは、この割合が半分を下回っている。閲覧傾向については、約3割のユーザーにおいて、異なるユーザー間で比較した場合の類似度が同一ユーザー間で比較した場合の類似度の平均値を下回る割合が9割を超えている。閲覧回数については、全体的に異なるユーザー間で比較した場合の類似度が同一ユーザー間で比較した場合の類似度の平均値を下回る割合が低い傾向にある。しかし一部のユーザーは、この割合が8割を超えている。

以上より、表を見ると同一ユーザー間の類似度が低く見えるが、異なるユーザー間の類似度と比べると同一ユーザー間の類似度が大きい割合が多いことが分かる。認証要素として用いることは十分可能であると考えられる。

ただし、図 4.7 から 4.9 から分かるように、すべての特徴量においてすべてのユーザーで等しく特徴が現れるわけではなく、ユーザーごとに特徴が出やすい特徴量と出にくい特徴量が存在する。個人認証手法としてはなるべく汎用的であることが望まれる。そのため、このユーザーごとの特徴の表れやすさを考慮した個人認証手法を提案する必要がある。そこで、本研究では3つの特徴量の類似度をユーザーごとの特徴の表れやすさ踏まえて重み付けをして統合し、その統合して得られた新たな類似度をもとに認証する個人認証手法を提案する。

Chapter 5 電子チラシアプリ利用履歴認証

本章では本論文で提案する電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証について説明する。

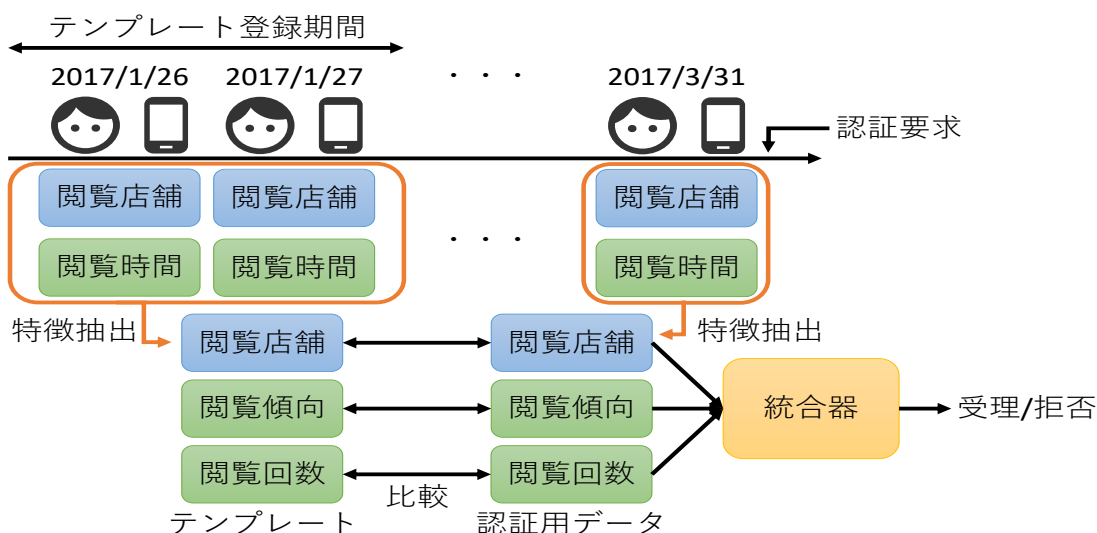


図 5.1: 電子チラシアプリ利用履歴認証の概要

5.1 提案手法の概要

電子チラシアプリの利用履歴を用いた全体の流れは図 5.1 のようになる。まず、テンプレート登録期間中であったアプリ利用履歴から特徴量を抽出し、特徴量ごとにテンプレートを作成する。

次に、認証要求があった際にテンプレート作成に用いられていない直近のアプリ利用履歴から特徴量を抽出し、認証用データを生成する。そして、認証要求があったIDに対応するテンプレートと認証用データを比較し、特徴量ごとに類似度を算出する。さらに、それらの類似度を統合器にてまとめ、新たな類似度を算出する。最後に統合された類似度と閾値を比較し、閾値以上であれば認証要求を受理し、そうでない場合は認証要求を拒否する。

以上が電子チラシアプリ利用履歴認証の概要である。本認証方式で用いる特徴量は4.2節で説明した、閲覧傾向、閲覧回数、閲覧店舗の3つである。また、テンプレート作成、テンプレートと認証用データの比較はそれぞれ、4.2節で行なった実験の手順に

あるテンプレート作成，類似度算出と同様の方法で行う．そこで，以下では特徴量ごとに算出した類似度の統合方法と最終的な認証結果の決定方法について説明する．

それらの説明の準備として，FAR（False Accept Rate:他人受入率）とFRR（False Reject Rate:本人拒否率）について次節にて説明する．

5.2 類似度の統合

本節では電子チラシアプリ利用履歴認証における，複数の特徴量とテンプレートを比較した際に得られる類似度の統合方法について説明する．

最初に，類似度の統合の大まかな流れを説明する．まず，ユーザーごとに各特徴量に対応する重みを計算する．そして，各特徴量に対応した類似度に重みを掛け合わせ，それらの和を統合した類似度とする．

次に，各特徴量に対応する重みの計算方法の詳細を説明する．具体的な重みの計算手順は以下の通りである．

1. テンプレート登録期間を過ぎた直後の一定期間をパラメータ設定期間とする．パラメータ設定期間内にあるアプリ利用履歴データを，テンプレートと比較して類似度が算出できるようなパラメータ設定用データに変形する．閲覧傾向，閲覧回数に対応するパラメータ設定用データを $\mathcal{D}_{time}^{param}$ ，閲覧店舗に対応するパラメータ設定用データを $\mathcal{D}_{shop}^{param}$ とする．
2. すべてのユーザーについてテンプレートとテンプレートに対応したパラメータ設定用データを比較し，特徴量ごとに誤り率を計算する．ユーザー ID が i であるユーザーの特徴量 f に対する誤り率を $er_i(f)$ は以下の式で定義する．

$$er_i(f) = \frac{FA + FR}{|\mathcal{D}_i^f|}$$

FA は他人を誤って本人と認証する回数， FR は本人を誤って他人と認証する回数， $|\mathcal{D}_i^f|$ は特徴量 f に対応するユーザー ID が i であるパラメータ設定用データの数である．認証する際の閾値は，特徴量ごとに FAR と FRR が等しくなるような場合の閾値をあらかじめ計算し，その値を設定する．

3. 誤り率が小さい時に値が大きくなるような指標を計算する．ユーザー ID が i であるユーザーの特徴量 f に対する指標を $index_i(f)$ は以下の式で定義する．なお， F は統合する特徴量の集合である．

$$index_i(f) = 1 - \frac{er_i(f)}{\sum_{f \in F} er_i(f)}$$

4. 指標 $index_i(f)$ を用いてユーザー ID が i であるユーザーの特徴量 f に対する重み $weight_i(f)$ を以下の式を用いて計算する．

$$weight_i(f) = \frac{index_i(f)}{\sum_{f \in F} index_i(f)}$$

??節で述べたように，ユーザーごとに特徴が出やすい特徴量と特徴が出にくい特徴量が存在する．そのため，特徴が出やすい特徴量には大きな重みを，特徴が出にくい特徴量には小さな重みを，それぞれかける必要がある．また各特徴量が，あるユーザーにとって特徴が出やすい特徴量なのかそうでないのかを判断するために，特徴が出やすい場合に大きくなる値としてユーザーごとに特徴量の誤り率を計算する．なお，この統合方法は Buriro ら [18] が提案したマッチングスコアの統合方法を参考に行っている．

5.3 認証結果の出力

本節では，統合器が最終的な認証結果をどのように出力するかについて説明する．統合器について，出力の決定関数を f とする． f は入力として統合された類似度を受け取り，受理または拒否を出力する．決定関数 f は以下の式で定義される．

$$f(x) = \begin{cases} \text{accept} & (x \geq th) \\ \text{reject} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

th は認証要求を受理するか拒否するかを定める閾値である．この閾値はパラメータ設定用データとテンプレートを用いて認証を行い，FAR と FRR の差の絶対値が最も小さくなるような閾値とする．

Chapter 6 認証実験

本章では第5章で提案した認証手法を実装し、3.2節で説明したデータセットを用いてどの程度の精度で認証ができるか検証した。くわえて、特徴量ごとの認証精度を把握するために、1つの特徴量のみで認証を行った場合についてもどの程度の精度で認証ができるか検証した。また、類似度統合用の重み、閾値といったパラメータの設定期間の長さが違うことで認証の精度がどのように変化するかを検証した。

6.1 実装

まず、本研究で提案した認証手法の具体的な実装について説明する。データを取得した期間は65日であったが、そのうち1日目から7日目をテンプレート作成期間とした。次に、8日目、8日目から10日目、8日目から14日目の3種類の期間をパラメータ設定期間とした。最後に、残りの9日目から65日目、11日目から65日目、15日目から65日目をそれぞれパラメータ設定期間に対応したテスト期間とした。

次に、1つの特徴量のみを認証要素とした認証手法についての具体的な実装について説明する。図5.1にもあるように、本研究で提案した認証手法では統合する前にまずそれぞれの特徴量でテンプレートと認証用データの比較を行なっている。また、パラメータ設定期間のデータを用いてそれぞれの特徴量においてFARとFRRの差の絶対値が最も小さくなるような閾値の計算も行なっている。そのため、1つの特徴量のみを認証する場合はテンプレートと認証用データを比較した類似度を統合器にいれずに閾値を比較し、認証結果を出力する。テンプレート作成期間、パラメータ設定期間、テスト期間は統合した場合の認証手法と同様とする。

6.2 評価項目

FARとFRRの2つの値を用いて評価した。FARとFRRの詳細は2.1.3節の通りである。どちらの値も誤認証の割合なので、値が小さい方が認証精度が高いことを示す。

6.3 結果

パラメータ設定期間ごとに、1つの特徴量で認証を行った場合と3つの特徴量を統合した場合のFARとFRRをまとめたものが表6.1である。

表 6.1: 実験結果

パラメータ設定期間		閲覧傾向	閲覧回数	閲覧店舗	統合
1 日間	FAR	0.25399333	0.31286053	0.08366407	0.13108732
	FRR	0.32952208	0.43710425	0.04565437	0.12573099
3 日間	FAR	0.28008516	0.35726338	0.06522242	0.11687331
	FRR	0.29791014	0.40223615	0.05366771	0.15092999
7 日間	FAR	0.2713638	0.35461385	0.06475638	0.12217901
	FRR	0.3110435	0.40574713	0.05424837	0.16058147

6.4 考察

まず、個々の特徴量のみで認証をした場合だと閲覧店舗で認証をした場合が最も精度が良い結果となった。一方、閲覧傾向と閲覧回数については閲覧店舗と比べても FAR と FRR の値はかなり大きく、認証としての精度は低い結果となった。

3つの特徴量を統合した場合については、閲覧店舗のみで認証した場合と比べると FAR と FRR の値は大きくなってしまったが、15%程度の値まで抑えることができた。統合して認証した場合が閲覧店舗のみで認証した場合と比べると、精度が低くなってしまった原因としては、重みをつけて類似度を統合するにあたり、閲覧傾向と閲覧回数の精度の悪さを反映しきれなかったことが考えられる。

また、パラメータ設定期間の違いによる認証精度の変化については、パラメータ設定期間を長くすればするほどよりユーザーの傾向が反映され精度が上がると考えられたが、極端に精度がよくなることはなかった。

Chapter 7 結論

本章では上述した電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証に対する考察ならびに実験結果についてまとめ、今後の課題を記す。

7.1 まとめ

本研究ではライフスタイル認証の一つとして電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証を提案し、先行研究で提案された認証手法とは異なり優れている点、多要素認証としての役割を説明した。電子チラシアプリの利用履歴には日常生活に関連するような情報が2種類含まれてる。そこで、それらの情報から認証要素として有効であるような特徴量を提案した。さらに、その提案した特徴量について、同一ユーザー間で比較した場合または異なるユーザー間で比較した場合のどちらかであることを判別できるようにするために、どのような類似度を算出すべきか検討を行った。さらに、実データを用いて実験を行い、提案した特徴量とその特徴量の類似度算出方法が認証手法に取り入れられるか検証した。

認証要素と類似度算出手法の考察をもとに、認証要素ごとの類似度を統合し、統合した類似度を元に認証結果を出すような認証手法が適切であると考えた。そして、この考えに基づき電子チラシアプリの利用履歴を用いた認証手法を提案し、実際の電子チラシアプリの利用履歴データを用いて認証精度について実験を行った。統合した認証手法の精度は、閲覧店舗のみを用いた認証手法の精度と比べると少し悪化してしまった。しかし、統合することで認証精度が上がったユーザーも多く、汎用性としては高まったという結果が導かれた。

7.2 今後の課題

7.2.1 閲覧回数の類似度算出

本研究では、閲覧回数については1時間ごとの閲覧回数を成分に持つようなベクトルとして特徴抽出を行い、ユークリッド距離をもとに類似度算出を行なった。一部のユーザーについては、同一ユーザー間の比較であるか異なるユーザー間の比較であるかの区別が十分つけられたが、全体的な傾向としては区別がつけられないことが多く、汎用性が低い類似度であった。加えて、他の2つの特徴量と比べると単体での認証精度も低く、結果として特徴量を統合した場合の認証精度を下げる要因にもなっていた。

しかし、3.3節で述べたように、電子チラシアプリの利用時間には主に2つのピークがある。そのため、閲覧傾向だけでは似たような傾向のユーザーが多くいることが

考えられるため、閲覧回数の情報はユーザー間の区別をつけるためには重要であると考えられる。

そこで、閲覧回数の考慮する度合いを他の2つの特徴量よりも低くするような認証方式を検討する必要がある。また、1時間ごとの閲覧回数を成分に持つようなベクトルとして特徴抽出を行うと、1時間見る時間がずれるだけでも大きく違いが生じてしまうため、もう少し大雑把に閲覧回数を捉える方法を検討する必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり，日頃からご指導をいただきました東京大学ソーシャル ICT 研究センターの山口利恵特任准教授に深謝いたします．山口先生には研究に対するご指摘やアドバイスのみならず，大学院生としてどう立ち振る舞うべきかなどあらゆる観点からご指導いただいたり，また新しいことへの挑戦や外部への発信など自身の可能性を広げるお手伝いを積極的にこなしてくださったりするなど，そのお力添えもありまして極めて有意義な大学院生活を送ることができました．

また本研究の核となる電子チラシアプリの利用履歴データを提供していただいた凸版印刷株式会社の皆様に感謝いたします．

寄付講座という形で研究室をサポートしてくださった三菱 UFJ ニコス株式会社様には心から感謝いたしております．金銭面のみならず様々なシンポジウムなどで貴重な機会やお話をいただきまして，おかげさまでセキュリティに対する視野を広げることができました．

そして山口研究室でのミーティングで活発な議論を交わした学術支援専門職員である重田信夫さん，共同研究員の小林良輔さん，博士課程学生である疋田敏朗さんにも感謝しきれぬ思いでいっぱいです．また日々の研究室運営から学会参加まで幅広く円滑に進められるようご助力いただいた山口研究室秘書の田中美鈴さんにも厚く御礼申し上げます．

参考文献

- [1] 小林良輔, 疋田敏朗, 鈴木宏哉, 山口利恵. 行動センシングログを元にしたライフスタイル認証の提案. コンピュータセキュリティシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, No. 2, pp. 1284–1290, 2016.
- [2] 総務省. 平成 29 年度版 情報通信白書 (参照 2017-12-14). <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/n1100000.pdf>, 2017.
- [3] トレンドマイクロ株式会社. -パスワードの利用実態調査 2017-(参照 2017-12-14). https://www.trendmicro.com/ja_jp/about/press-release/2017/pr-20171005-01.html, 2017.
- [4] Daniel V Klein. Foiling the cracker: A survey of, and improvements to, password security. In *Proceedings of the 2nd USENIX Security Workshop*, pp. 5–14, 1990.
- [5] A. K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar. An introduction to biometric recognition. *IEEE Trans. Cir. and Sys. for Video Technol.*, Vol. 14, No. 1, pp. 4–20, January 2004.
- [6] 大金建夫, 越前功. Biometricjammer: ユーザの利便性を考慮した指紋の盗撮防止手法. コンピュータセキュリティシンポジウム 2016 (CSS2016) 論文集, pp. 355–362, 2016.
- [7] Hacking the Samsung Galaxy S8 Irisscanner <https://media.ccc.de/v/biometrie-s8-iris-en>, May 2017. <https://media.ccc.de/v/biometrie-s8-iris-en> 2017 年 7 月 5 日閲覧.
- [8] Anil Jain, Ruud Bolle, and Sharath Pankanti. *Biometrics: personal identification in networked society*, Vol. 479. Springer Science & Business Media, 2006.
- [9] M. Golfarelli, D. Maio, and D. Malton. On the error-reject trade-off in biometric verification systems. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 7, pp. 786–796, Jul 1997.
- [10] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil Jain, and Salil Prabhakar. *Handbook of fingerprint recognition*. Springer Science & Business Media, 2009.
- [11] 鈴木宏哉, 山口利恵. ウェアラブルデバイスを活用した個人の行動によるユーザ認証の検討. SCIS2015 暗号と情報セキュリティシンポジウム, pp. 4C2–4, 2015.

- [12] Ryosuke Kobayashi and Rie Shigetomi Yamaguchi. A behavior authentication method using wi-fi bssids around smartphone carried by a user. In *Computing and Networking (CANDAR), 2015 Third International Symposium on*, pp. 463–469. IEEE, 2015.
- [13] 石井智也, 鈴木宏哉, 山口利恵, 中山英樹, 山西健司. 個人認証を見据えた位置情報による識別に関する解析. コンピュータセキュリティシンポジウム 2015 論文集, Vol. 2015, No. 3, pp. 1035–1042, 2015.
- [14] 船越琢矢, 満保雅浩. 位置情報のユーザ識別への活用 (情報セキュリティ, ライフログ活用技術, ライフインテリジェンス, オフィス情報システム, 一般). 電子情報通信学会技術研究報告. SITE, 技術と社会・倫理, Vol. 114, No. 320, pp. 71–76, 2014.
- [15] 平岩啓, 満保雅浩. 無線 lan 情報の認証への応用の検討. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 99, No. 10, pp. 1034–1044, 2016.
- [16] 小林良輔, 山口利恵ほか. マンガアプリの閲覧作品と閲覧時間を利用した個人認証手法. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, pp. 189–194, 2016.
- [17] 宮野祐輔, 山口利恵, 坪内孝太, 五味秀仁ほか. 個人認証を見据えた検索クエリの類似性評価. コンピュータセキュリティシンポジウム 2016 論文集, Vol. 2016, No. 2, pp. 1311–1318, 2016.
- [18] Attaullah Buriro, Bruno Crispo, Filippo Del Frari, Jeffrey Klardie, and Konrad S Wrona. Itsme: Multi-modal and unobtrusive behavioural user authentication for smartphones.
- [19] Slobodan Ribaric and Ivan Fratric. A matching-score normalization technique for multimodal biometric systems. In *Proceedings of Third COST 275 Workshop-Biometrics on the Internet*, pp. 55–58. University of Hertfordshire, 2005.
- [20] L. Fridman, S. Weber, R. Greenstadt, and M. Kam. Active authentication on mobile devices via stylometry, application usage, web browsing, and gps location. *IEEE Systems Journal*, Vol. 11, No. 2, pp. 513–521, June 2017.
- [21] Z. Chair and P. K. Varshney. Optimal data fusion in multiple sensor detection systems. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-22, No. 1, pp. 98–101, Jan 1986.
- [22] 凸版印刷株式会社. Shufoo! (参照 2017-10-10). <http://www.shufoo.net/biz/index.html>, 2017.
- [23] 鈴木宏哉, 小林良輔, 佐治信之, 山口利恵. ライフスタイル認証実証実験レポート-mithra データセット-. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, No. 1H-2, 2017.

発表文献

研究会

- i 西山双輝, 鈴木宏哉, 小林良輔, 山口利恵. ”電子チラシアプリの利用履歴の個人性に関する検証”, 2017 年度 情報セキュリティ研究会 (ISEC) 京都, 11 月, 2017 年.